

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

⑥

(11)Publication number : 10-092740

(43)Date of publication of application : 10.04.1998

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G03F 7/11

(21)Application number : 09-133173

(71)Applicant : INTERNATL BUSINESS MACH CORP
<IBM>

TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 23.05.1997

(72)Inventor : AZUMA TSUKASA
OIWA NORIHISA
MATSUDA TETSURO
DAVID M DOBUTSUINSUKI
OKUMURA KATSUYA

(30)Priority

Priority number : 96 653426

Priority date : 24.05.1996

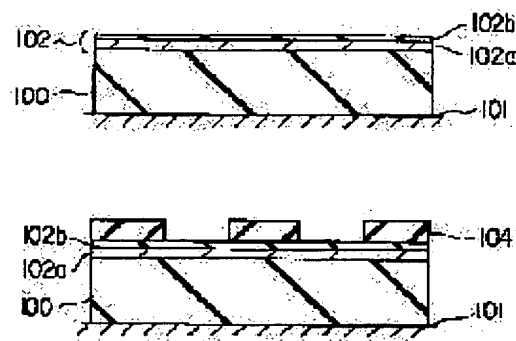
Priority country : US

(54) MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the resolution, without sacrificing a process window by using a thin resist and an anti-reflection coating hardly having thin-film interference effect and relatively high-etching durability.

SOLUTION: An anti-reflection coating 102 is formed on the surface of a substrate 100. The anti-reflective coating 102 is a composite anti-reflection coating made of oxide and carbon, and is made of, for example, a carbon film 102a sputtered to a thickness of 100nm and a CVD silicon oxide film 102b, formed with a thickness of approximately 50nm by a chemical vapor deposition method. By the composite anti-reflection coating, made of the oxide film and the carbon film, the etching rate of both the substrate and a resist is improved, and the carbon film and a DUV resist are optically matched well, thus effectively reducing the reflectance. On the surface of the anti-reflection coating 102 thus formed, a resist 104 having a thickness of approximately 300 to 850nm is formed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

07.03.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-92740

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月10日

(51) Int.Cl.⁶
H 0 1 L 21/027
G 0 3 F 7/11
識別記号
5 0 3

F I
H 0 1 L 21/30 5 7 4
G 0 3 F 7/11 5 0 3

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願平9-133173
(22) 出願日 平成9年(1997) 5月23日
(31) 優先権主張番号 6 5 3 4 2 6
(32) 優先日 1996年5月24日
(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 390009531
インターナショナル・ビジネス・マシー
ズ・コーポレーション
INTERNATIONAL BUSIN
ESS MASCHINES CORPO
RATION
アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州
アーモンク (番地なし)
(71) 出願人 000003078
株式会社東芝
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外3名)

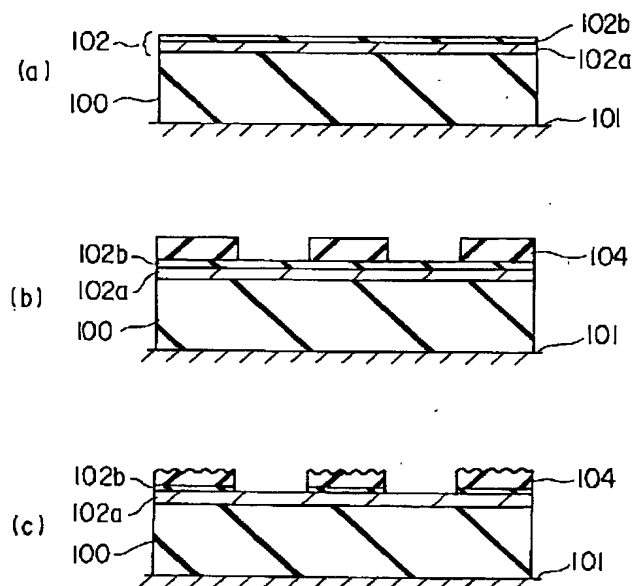
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 遠紫外線リソグラフィー処理のような最先端のリソグラフィー処理では、分解能をより高める技術がなければ、半導体集積回路のデザインルールを四分の一ミクロン以下にすることはできない。しかし、分解能を高めた場合、焦点深度が悪化する。例えば、レンズの開口径数NAを大きくするに従い、ウェハ全体に焦点を適切に合わせることが困難となる。これに対して、焦点深度などのプロセスウィンドウを犠牲とすることなく分解能を高めることが可能な技術を提供する。

【解決手段】 加工すべき基板100 を供給して、この基板100 に複合反射防止膜102 を形成する。この複合反射防止膜102 の上に厚さが850ナノメートル未満でパターンを構成するレジスト104 を形成し、このパターンを構成しているレジスト104 をマスクとして用いて基板100 を加工する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 加工すべき基板を供給する工程と、この基板に複合反射防止膜を形成する工程と、この複合反射防止膜に厚さが850ナノメートル未満で、パターンを構成するレジストを形成する工程と、前記パターンを構成するレジストをマスクとして基板を加工する工程とを有する半導体装置の製造方法。

【請求項2】 前記基板を加工する工程は基板をエッチングする処理を含むことを特長とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項3】 前記複合反射防止膜は炭素膜と酸化物の膜とを含むことを特長とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項4】 前記複合反射防止膜には炭素膜と酸化物の膜との間に遷移層をさらに含むことを特長とする請求項3記載の半導体装置の製造方法。

【請求項5】 前記炭素膜は厚さが約100ナノメートルであることを特長とする請求項3記載の半導体装置の製造方法。

【請求項6】 前記酸化物の膜は厚さが約50ナノメートルであることを特長とする請求項3記載の半導体装置の製造方法。

【請求項7】 前記パターンを構成するレジストは厚さが約610ナノメートルであることを特長とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項8】 前記パターンを構成するレジストは化学増幅型レジストであることを特長とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項9】 基板は絶縁体であることを特長とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項10】 前記基板は導体であることを特長とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項11】 前記基板は半導体であることを特長とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項12】 前記基板を加工する工程は遠紫外線加工処理であることを特長とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項13】 前記レジストは厚さが約300ナノメートルから約850ナノメートルの範囲であることを特長とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項14】 加工すべき基板を供給する工程と、前記基板上に複合反射防止膜を形成する工程と、前記複合反射防止膜上に約300乃至500ナノメートルの膜厚を有するレジストパターンを形成する工程と、前記レジストパターンをマスクとして前記基板を加工する工程とを具備することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項15】 加工すべき基板を供給する工程と、 *

$$R = (K_1 \cdot \lambda) / NA = 0.25 \quad (1)$$

上式において、Rは最小分解能、λは露出光の波長（例

*前記基板上に炭素膜と酸化物の膜とにより構成された複合反射防止膜を形成する工程と、前記複合反射防止膜上に、この複合反射防止膜の膜厚の約3倍乃至6倍の膜厚を有するレジストパターンを形成する工程と、前記レジストパターンをマスクとして前記基板を加工する工程とを具備することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

10 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、例えば、半導体記憶装置などの半導体集積回路の製造に適用可能な製造処理に係わり、特に、薄いレジストを用いた半導体装置の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体記憶装置などの半導体集積回路を製造する際には、フォトリソグラフィ技術を利用して所望の回路パターンを形成している。このフォトリソグラフィ技術には、化学作用のある光（例えば、紫外線（UV）放射）を制御しながら照射して、写真マスクのパターンを、半導体ウェハ上に堆積されたレジストなどの感光材料に転写する技術が含まれる。典型的なマスクは、レジストが塗布されたウェハに転写すべき回路パターンが遮光材層により規定された光透過性の基板からなっている。

【0003】ネガレジストの場合、マスクを透過した光を受けた露出領域では重合や架橋結合が生じ、分子量が増加する。このため、次の現像工程では、レジスト層のうち露出されていない部分が現像液により洗い流され、レジスト層がパターンとして残り、マスクパターンの反転画像、即ち、陰画像が形成される。一方、ポジレジストの場合には、マスクを透過した光を受けた露出領域は現像液に溶解易くなり、レジスト層のうち露出された部分が現像工程で洗い流されて、マスクパターンに対応したレジストパターンが残る。いずれの場合にも、露出及び現像後に残ったレジストにより形成されたパターンが、所望の半導体装置を形成するための次の処理工程（例えば、エッチングや堆積）に移される。露出及び現像に供される材料は、例えば、絶縁体、導体、半導体である。

【0004】リソグラフィ装置の重要なパラメータは、分解能と焦点深度である。分解能は近接した対象を個々の像として形成することのできる装置の能力である。四分の一ミクロン（0.25μm）の半導体集積回路のデザインルールでは、最小分解能はレイリーの式を用いてこれを次のように表すことができる。

【0005】

例えば、λ＝248ナノメートル）、NAは開口数（レン

ズ的设计パラメータ) (例えば、 $NA=0.5$)、 K_1 は経験に基づく第1のプロセスパラメータ (例えば、 $K_1=0.5$) である。この K_1 は有限のレジスト厚、光学系の部分干渉性 σ (集光レンズ NA /投射レンズ NA)、パターン構造等の要素を考慮したプロセスパラメータである。一般に、 K_1 は遠紫外線(DUV) ($\lambda=248$ ナノメートル)を用いたリソグラフィーでは約0.5~約0.6である。

$$DOF = (K_2 \cdot \lambda) / (NA)^2 \quad (2)$$

上式において、 DOF は焦点深度、 λ は露出光の波長 (例えば、 $\lambda=248$ ナノメートル)、 NA は開口数 (レンズ的设计パラメータ) (例えば、 $NA=0.5$)、 K_2 は経験に基づく第2のプロセスパラメータ

$$DOF = (K_2 \cdot \lambda) / (NA)^2 - (d/n) \quad (3)$$

上式において、 DOF は焦点深度、 λ は露出光の波長 (例えば、 $\lambda=248$ ナノメートル)、 NA は開口数 (レンズ的设计パラメータ) (例えば、 $NA=0.5$)、 d はレジストの厚さ、 n は露出光の波長 (例えば、 248 ナノメートル)におけるレジストの屈折率、 K_2 は経験に基づく第2のプロセスパラメータ (例えば、 $K_2=0.7$) である。例えば、Arnold et al.、Proc. SPIE 772, 21(1987) 及び Boettiger et al. Microelectronics Engineering 23, 159 (1994)を参照のこと。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】遠紫外線(DUV)リソグラフィー処理のような最先端のリソグラフィー処理では、分解能をより高める技術がなければ、半導体集積回路のデザインルールを四分の一ミクロン以下にすることはできない。しかし、分解能を高めた場合、焦点深度が悪化する。例えば、レンズの開口数 NA を大きくするに従い、ウェハ全体に焦点を適切に合わせることが困難となる。したがって、焦点深度などのプロセスウィンドウ(process window)を犠牲とすることなく分解能を高めることが可能な技術が望まれている。

【0010】この発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、プロセスウィンドウを犠牲とすることなく分解能を高めることが可能な半導体装置の製造方法を提供しようとするものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】この発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、薄いレジストと、薄膜干渉効果が少なく、エッチングに対する耐性が比較★

$$DOF = (K_2 \cdot \lambda) / (NA)^2 - (n-1)(d/n) \quad (4)$$

この式は実験データに良く一致する。より一般的には、焦点深度 DOF は部分干渉性 σ を含む照射状態のみに依存するものではなく、パターン構造や薄膜干渉効果など☆

$$DOF = 2D(p, c) - f(d)(d/n) \quad (5)$$

ここで、 $D(p, c)$ は、特定のパターン構造 p (例え

★【0006】光学像は装置の焦点がずれるに従って劣化する。許容することのできる焦点のずれは、焦点深度(DOF)と呼ばれる。焦点深度が大きければ、露出装置が最良の合焦状態から僅かにずれていても悪影響を最小限に抑えることができる。焦点深度 DOF は通常のレイリーの式を用いてこれを次のように表すことができる。

【0007】

10 ※ (例えば、 $K_2=0.7$) である。有限のレジスト厚 d を考慮した場合、焦点深度 DOF は次のように表すことができる。

【0008】

★的の高い反射防止膜(ARC膜)とを用いて基板に製造処理を施すことにより、プロセスウィンドウを犠牲とすることなく分解能を高めることができる。

【0012】この発明の一実施態様の製造処理では、処理対象としての基板に二種類以上の異なる材料の層から成る反射防止膜を形成する。この反射防止膜の上に薄いレジストを形成し、このレジストでパターンを形成する。このパターン化したレジストをマスクとして基板を処理する。

【0013】この発明によれば、薄いレジストを用いているため、リソグラフィー処理では分解能及び焦点深度が共に改善され、エッチング処理ではエッチングにより形成されるパターンの形状及びエッチングのマイクロローディング効果が共に改善される他に、光学的近接効果が減少する。さらに、レジスト層の膜厚が薄いため、開口数の大きい露出装置を使用することができるようになる。しかも、薄膜レジストを使用することにより、コンタクトホールのプロセスウィンドウも改善できる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0015】レジスト膜厚を薄くした場合、式(1)の係数 K_1 が減少し、式(2)及び式(3)の係数 K_2 が増大するが、露出光の波長 λ 及び光学系の開口数(NA)は変化しない。したがって、レジストの膜厚を薄くすれば、分解能と焦点深度の両者が共に改善されることが分かる。以下に述べる実験結果から、焦点深度を表す式として次の等式が導かれる。

【0016】

☆の影響も受ける。焦点深度 DOF は次式で表すことができる。

【0017】

50 ば、ピッチ)の空間像コントラスト c の関数としてのデ

フォーカス、 $f(d)$ は、レジストの膜厚の関数であり
周期が $\lambda/2n$ である減衰振動曲線 (modified damped
osillation curve) の一種である。この減衰振動曲線 *

$$f(d) = A + B d + C \exp(-D d) \cos[2\pi d / (\lambda/2n) + E]$$

(6)

ここで、A、B、C、D、E は定数である。Azuma et al., J. Vac. Sci. Technol. B13, 2928 (1995) 参照。

【0019】レジストの膜厚は、先に提示した焦点深度の式 (5) により求められる正弦曲線に従って調節することが望ましい。例えば、図9は焦点深度DOFとレジストの膜厚との関係を示すグラフであり、このグラフは薄膜干渉効果による正弦曲線的な変化を示している。したがって、ピーク点A、B、Cに対応するレジストの膜厚は、点D、E、Fに対応するレジストの膜厚と比較して良好な焦点深度DOF値を提供できる。レジストの膜厚は基板表面の凹凸にかなり影響を受ける。このため、焦点深度DOFに関する本発明の利点を得るためには、基板表面をできるだけ平坦にすべきである。

【0020】したがって、薄膜レジスト処理は、焦点深度を増大するとともにリソグラフィ処理における高分解能をもたらす。また、薄膜レジスト処理は、エッチングすべき孔のアスペクト比が小さくなるため、微細加工能力を改善する。しかしながら、薄膜レジスト処理は、レジストが薄いため、薄膜干渉効果の影響が大きく、適正露出範囲が小さくなってしまう。適正露出範囲とは、ある焦点深度を保持した状態で許容可能な照射量 (パーセントで表す) である。さらに、膜厚が薄いため、基板表面がエッチングによる損傷を受けないようにするには、エッチング処理後にも基板表面が保護されるようエッチングの選択比を高める必要がある。

【0021】以下、この発明の一実施例に基づく製造処理について、図1、図2を参照して説明する。この実施例はこの発明を基板の製造に適用した場合について記載している。以下に述べる処理は、飽くまでも例示に過ぎず、材料や数値などはこの発明を何等限定するものではない。ここでは、シリコン基板にシリコン酸化物 (SiO_2) の層を形成する場合について説明するが、この発明は特定の種類の基板の製造に限定されるものではなく、半導体装置の分野において、シリコン基板を含むあらゆる基板、即ち、導体、半導体、絶縁体の基板の製造に適用可能であることは言うまでもない。

【0022】図1(a)は加工対象の基板100を示している。この例において、基板100は厚さがほぼ500ナノメートル (nm) のシリコン酸化物 (SiO_2) の基板であり、この基板100は、例えばシリコンウエハ101の上に形成されている。しかしながら、上述したように、この発明はこの例に限定されるものではない。基板100の表面には反射防止膜 (ARC膜) 102が形成される。この例において、反射防止膜102は酸化物と炭素とから成る複合反射防止膜であり、この複合反射防止膜はほぼ

* $f(d)$ は、次のように表すことができる。

【0018】

100ナノメートル (nm) の厚さにスパッタされた炭素 (C) 膜102aと、化学気相成長法 (CVD) によりほぼ50ナノメートル (nm) の厚さに形成されたCVDシリコン酸化物膜 (SiO_2) 102bとにより構成されている。後に図3を参照して説明するが、炭素膜102aとシリコン酸化物膜102bの間には、窒化シリコン (Si_3N_4) からなるバリア層102cを形成してもよい (図3(b)参照)。炭素膜102aの厚さや、シリコン酸化物膜102bの厚さは、ここに示した値に限定されないことは言うまでもない。炭素膜は厚さを変えても光学特性が余り変化しないため、炭素膜の厚さの上限は、炭素膜をマスクとして用い、基板をどの程度エッチングするのかによって決めればよい。炭素膜の厚さの下限は、基板による反射を十分効果的に減少させる厚さに設定すればよい。ところで、シリコン酸化物膜102bを設ける理由は、化学増幅型レジストを炭素などの膜上に形成することには汚染などの問題があるため、汚染の心配のないレジストの下地を確保するためである。従って、シリコン酸化物膜102bの厚さは、形成するレジストが炭素膜102aにより汚染されることを十分に防止できる程度であれば良い。レジストの汚染防止のためには、シリコン酸化物膜102bの厚さは約50ナノメートル程度あればよいと思われる。シリコン酸化物膜102bは、以下の説明から明らかなように、炭素膜102aと形成したレジスト層との間の優れたパターン転写媒体として機能する。その理由は、酸化物に対するレジストのエッチングレート比が一般に10より大きく、炭素膜に対する酸化物のエッチングレート比が一般に50より大きく、炭素膜に対する酸化物のエッチングレート比が一般に約20だからである。

【0023】図3、図4を参照して、酸化物と炭素とから成る複合反射防止膜の成膜処理を説明する。この成膜処理には、例えば、エンデュラ・システム・ツール (Endurasystem tool) (Applied Materials, Inc. 社から入手可能) を用いることができる。エンデュラ・システム・ツールは、スパッタ成膜チャンバとCVDチャンバの両者を具備している。先ず図4に示すステップ201において、処理すべき基板を有するウエハをスパッタ成膜チャンバに搬入し、スパッタリングにより炭素膜102aを約100ナノメートルの厚さに成膜させる。次にステップ203において、スパッタされた炭素膜を有するウエハをCVDチャンバに移送し、炭素膜102aに N_2 プラズマ処理を施す。ステップ205、及び図3(a)の表に示すように、純粋な SiH_4 をCVDチャンバに供給する。次に、ステップ207に移行し、図3(a)の表に示すように、CVDチャンバに N_2 (NH_3 でも良い) を供給

し、 N_2 (NH_3 でも良い) の供給量を80%に増加し、 SiH_4 の供給量を20%に削減する。次のステップ209ではCVDチャンバに供給する N_2 (又は NH_3) を90%に増大させ、 SiH_4 の供給を10%に減少させる。この時点で、窒化シリコンの遷移層又はバリア層102cが成長する。この遷移層は厚さが約10ナノメートルであり、炭素膜102aとシリコン酸化膜102bとの境界面の反射率を減少させる機能を果たす。次にステップ211に移行し、40%の N_2 (又は NH_3)、50%の O_2 、10%の SiH_4 からなる混合ガスをCVDチャンバに供給する。続いて、90%の O_2 と10%の SiH_4 との混合ガスをCVDチャンバに供給し、約50ナノメートルの厚さのCVDシリコン酸化膜102bを堆積する。このようにして、図3(b)に示す酸化物と炭素とから成る複合反射防止膜が形成される。この複合反射防止膜の概略を図3(b)に示す。以上に述べたステップにおいて、圧力、温度、力などの制御パラメータは、この技術分野において明らかなように、膜厚等の要因に依存している。この発明は、以上に述べた製造処理により形成される特定の複合反射防止膜、即ち、酸化物と炭素とから成り遷移層を有する特定の複合反射防止膜に限定されるものではない。

【0024】以上に述べた製造処理及びこの製造処理で形成した複合反射防止膜は次のような特徴を有している。即ち、既に述べたように、遷移層により炭素膜と酸化膜との境界の反射率が減少するだけでなく、処理室を複数個有するマルチチャンバ・デポジション・システムを使用しているため、成膜処理が容易である。さらに、酸化膜と炭素膜との複合反射防止膜により、基板及びレジストのエッチングレートが共に改善され、炭素膜とDUVレジストとが光学的に良く整合し、反射率が効果的に減少する。

【0025】ここで、図1(b)に戻る。上記のようにして形成した反射防止膜102の表面上に約300ナノメートル乃至約850ナノメートルの厚さのレジスト104を形成する。レジスト104は、例えば、Shipley社で製造しているAPEX-E又はUVI IHSである。しかしながら、この発明は、化学増幅型レジスト、非化学増幅型レジスト、ポジタイプのレジスト、ネガタイプのレジストを含み、どのような種類のレジストを用いても一般に構わない。マスクを用いてレジストを露出し、レジスト104でパターンを形成する。露出にはSVGL, Inc.社で入手可能なMicrascan IIやNikon Corp.社で入手可能なNSR-S201Aを用いることができる。Micrascan IIは水銀-キセノンのショートアークランプによる広帯域照明ステップ・アンド・スキャン光学投影装置であり、波長が244~252ナノメートル($\Delta\lambda=8\text{ nm}$)で、 $NA=0.5$ 、 $\sigma=0.6$ である。NSR-S201AはKrFエキシマレーザの単一帯域照明ステップ・アンド・スキャン光学投影装置であり、波長が248ナノメートル($\Delta\lambda=0.$

8ピコメートル)、 $NA=0.6$ 、 $\sigma=0.6$ である。先進のリソグラフィでは、198ナノメートルの単一帯域ArFエキシマレーザが用いられている。

【0026】次に、図1(c)に示すように、シリコン酸化膜102bをエッチングする。酸化膜のエッチングにはどのような技術を用いても構わない。例えば、TEL Corp.社から入手可能なUNITY 85 DRM、又はLAM Research Corp.社から入手可能なLAM 4500を用いた $CF_4/CHF_3/Ar$ の混合ガスで酸化物層をエッチングできる。レジスト104のシリコン酸化膜102bに対するエッチングの選択性は比較的高い。この特定の実施例では、レジスト104のエッチング速度はシリコン酸化膜102bのエッチング速度よりもほぼ10倍遅い。

【0027】次に、レジスト104及びシリコン酸化膜102bをマスクとして用いて炭素膜102aを、図2(a)に示すようにエッチングする。炭素膜102aのエッチングには通常の技術を用いることができる。例えば、 O_2/Ar 混合ガス、及びLAM Research Corp.社から入手可能なLAM 4500 Rainbowエッチング装置、又はApplied Materials, Inc.社から入手可能なAME P5000 エッチング装置を用いることができる。この実施例では炭素膜102aのエッチング速度よりもほぼ50倍遅い速度でシリコン酸化膜102bをエッチングしている。 O_2/Ar 混合ガスで炭素をエッチングする場合、炭素のエッチング速度とレジストのエッチング速度との間には殆ど違いがない。その理由は、レジストが主に炭素、水素、酸素の各原子から成っており、構成要素が炭素膜とほぼ同じだからである。エッチング速度がこのような類似しているため、レジスト104と炭素膜102aとの間に中間層としてシリコン酸化膜102bを設け、エッチング後に炭素膜が部分的に残るようにして、炭素膜のパターンを形成し、これをマスクとして基板をエッチングできるようにしている。

【0028】この後、図2(b)に示すように、エッチングした炭素膜102aをマスクとして基板100がエッチングされる。基板のエッチングには、例えば、 $CF_4/CHF_3/Ar$ 混合ガスを用いた従来の技術を用いることができる。この実施例では、基板100のエッチング速度よりも20倍遅い速度で炭素膜102aをエッチングしている。図2(c)に示すように、炭素をアッシングして炭素膜102aを除去し、パターン化された基板100を残す。

【0029】図5は、以下に述べる例に用いた各材料が248ナノメートルの波長で示す屈折率の一覧表である。図6(a)には、膜厚500ナノメートルのシリコン酸化物基板200の上に形成したAPEX-Eレジスト202が示されている。図6(b)はシミュレーションに基づくグラフであり、このグラフには反射防止膜を設けていない場合の反射率とレジスト厚との関係が示されている。

【0030】図7(a)は、膜厚500ナノメートルのシリコン酸化物の基板208上に膜厚90ナノメートルの有機反射防止膜210(Shipley社やBrewer Science社な

どで入手可能)とAPEX-Eレジスト212とを順次形成した状態を示している。図7(b)は、膜厚90ナノメートルの有機反射防止膜210が設けられている場合の反射率とレジスト厚との関係をシミュレーションに基づいて示すグラフである。図7(a)に示すように、有機反射防止膜210を設けることにより、図6(a)に示す構成に比べて反射率を低くすることができる。

【0031】図8(a)は膜厚500ナノメートルのシリコン酸化物の基板226上に酸化物層と炭素膜とから成る複合反射防止膜222及びAPEX-Eレジスト層224が形成されている場合を示している。酸化物層と炭素膜との複合反射防止膜は、膜厚100ナノメートルの α -炭素(アモルファス・カーボン)膜及び膜厚50ナノメートルのシリコン酸化膜を含んでいる。図8(b)は、酸化物層と炭素膜とから成る複合反射防止膜の反射率とレジストとの関係をシミュレーションに基づいて示すグラフである。このグラフから明らかなように、酸化物層と炭素膜とから成る複合反射防止膜222を設けることによっても、図6(a)の構成に比べて、反射率を減少させることができる。

【0032】図7(a)及び図8(a)のいずれの構成でも反射率を抑制する効果はほぼ同等である。しかし、前記パターン転写処理を採用する場合には、酸化物層と炭素膜とから成る複合反射防止膜の方がエッチングの選択性が優れている。有機反射防止膜は前記転写処理を採用しない場合でさえもエッチングの選択性の点で劣っている。

【0033】図9は反射防止膜を用いない場合と、酸化物層と炭素膜とから成る複合反射防止膜を用いた場合とのそれぞれにおける焦点深度とレジストの膜厚との関係を示している。いずれの場合にも、レジストの膜厚が薄くなるに従って焦点深度が増大することが分かる。しかし、複合反射防止膜では薄膜干渉効果により生じる正弦曲線を描く変化が除去されている。したがって、この発明では、薄膜による干渉効果が生じることなく焦点深度が増大する。さらに、既に述べたように、この発明の複合反射防止膜はエッチング選択性が高い。

【0034】以下に詳述する例示は、先進の遠紫外線露出装置と、リソグラフィー及びエッチング処理のための反射防止膜と幾つかの化学的増幅型レジストとを組合わせて使用する、300～850ナノメートルの範囲の膜厚の薄膜レジスト処理の能力の可能性を検証するものである。ライン・アンド・スペースパターンは減少されたレジストの膜厚により、大きなプロセスウィンドウが得られることを示している。薄膜レジストプロセスは、リソグラフィープロセスばかりでなく、エッチング処理も改善することが分かる。即ち、薄膜レジストプロセスは、エッチングにより形成されるパターンのプロファイル及びエッチングの微細加工能力を改善し、光学的近接効果が減少する。さらに、薄膜レジストプロセスを先進

の高NA露出装置に使用可能なことを実証できるであろう。

【0035】また、薄膜レジストプロセスは、コンタクトホールのプロセスウィンドウにも効果のあることが分かる。コンタクト抵抗及びコンタクトチェーン抵抗の電気テストの結果は薄膜レジストプロセスの方がより安定しているため、エッチング後に十分なレジストが残っているためと推定される。また、パターン転写処理では分解能を $k_1 = 0.4$ にまで下げることができる。以上の結果は、エッチングに必要な最低限のレジストの膜厚よりもレジストを薄くしてしまうということさえなければ、レジスト厚をできる限り薄くすることにより、薄膜レジストプロセスにおけるプロセスウィンドウが改善されることを示している。

【0036】以下に例を述べるが、以下の例は飽くまでもこの発明を説明するためのものに過ぎず、この発明を何限定するものではない。例えば、以下の例では単一層のレジストを用いているが、多層レジストを用いることも可能である。ArFエキシマレーザ(波長は198ナノメートル)を用いた先進のリソグラフィー技術を採用する場合には、多層レジストを使用してもよい。

【0037】(実施例) 8インチの積層基板ウェハを有機反射防止膜又は無機反射防止膜(シリコン酸化膜と炭素膜とから成る複合反射防止膜)で被覆し、このいずれかの膜を厚さが300～850ナノメートルの2種類のポジティブ化学増幅型遠紫外線レジスト層で被覆した。使用したレジストの種類はShipley社から入手可能なAP EX-E及びUVI IHSである。使用した露出装置のうち、1台は波長が244～252ナノメートル($\Delta\lambda = 8$ ナノメートル)、 $NA = 0.5$ 、 $\sigma = 0.6$ の水銀-キセノン短アーク灯広帯域照明ステップ・アンド・スキャン光学投影装置(SVGL, Inc.から入手可能なMicrascan II)であり、もう1台は波長が248ナノメートル($\Delta\lambda = 8$ ナノメートル)、 $NA = 0.6$ 、 $\sigma = 0.6$ のKrFエキシマレーザ単一帯域照明ステップ・アンド・スキャン光学投影装置(Nikon Corp.社から入手可能なNSR-S201A)である。使用したエッチング装置は、LAM Research Corp.社から入手可能なLAM 4500 Rainbow(反射防止膜及びシリコン酸化物のエッチングに使用)、Applied Materials, Inc.社から入手可能なAME P5000(反射防止膜及び窒化シリコンのエッチングに使用)、TEL Corp.社から入手可能なUNITY 85 DRM(シリコン酸化物のエッチングに使用)である。レジストのパターンの測定及びエッチング後の基板のプロファイルの測定には、トップダウン走査電子顕微鏡(SEM)及び断面走査電子顕微鏡(SEM)を使用した。リソグラフィーやエッチングの各処理のプロセスウィンドウを比較するため、 ± 25 ナノメートル($1/4$ ミクロンの $\pm 10\%$)のパターン寸法(CD)における露出デフォーカスをプロット(EDツリー)した。

【0038】（実施例1）図10～図12にAPEX-Eのドーズ・トゥ・クリア（dose to clear）（ E_0 ）をシリコン酸化物基板及びレジストのそれぞれの厚さの関数としてモニターしたシミュレーションの結果を示す。ドーズ・トゥ・クリアとは、ポジレジストの場合には、レジストを開口して大きなパッド領域を形成するのに必要な照射量（ E_0 ）のことであり、ネガレジストの場合には、余分なレジストを除去して大きなパッド領域を残すのに必要な照射量のことである。

【0039】図10（a）には、図10（b）に示す積層構造、即ち、シリコン酸化物基板250、90ナノメートルの膜厚の有機反射防止膜251、APEX-Eレジスト252にMicrascan IIを用いた場合の結果が示されている。図11（a）には、図11（b）に示す積層構造、即ち、シリコン酸化物基板260、100ナノメートルの膜厚の炭素層と50ナノメートルの膜厚の酸化物層とから成る複合反射防止膜261、APEX-Eレジスト262にMicrascan IIを用いた場合の結果が示されている。図12（a）には、図12（b）に示す積層構造、即ち、シリコン酸化物基板270、99ナノメートルの膜厚の有機反射防止膜271、APEX-Eレジスト272にNSR-S201Aを用いた場合の結果が示されている。

【0040】図10（a）、図11（a）、図12

（a）に示す各曲線は、積層基板構造及び露出系に応じて最適な結果を得るのに必要な反射防止膜の最小膜厚を計算したものである。使用した波長におけるAPEX-Eレジスト、有機反射防止膜、炭素層のそれぞれの平均屈折率（ n ）をこの順番に以下に示す。

【0041】

$$n_{\text{APEX-E}} = 1.76 - 0.08i$$

$$n_{\text{AEC}} = 1.95 - 0.26i$$

$$n_{\text{CARBON}} = 1.75 - 0.50i$$

（実施例2）785ナノメートルの膜厚のシリコン酸化物基板、90ナノメートルの膜厚の有機反射防止膜、300～850ナノメートル厚のAPEX-Eレジストの積層構造物に対して、Micrascan IIで露光して、線幅／線相互間隔＝250／300ナノメートル（即ち、550ナノメートルのピッチ）のパターンを形成し、ダマシンプロセス（金属配線形成プロセス）により配線を形成して電氣的に線幅を測定した結果を図13に示す。有機反射防止膜及びシリコン酸化物のエッチングに使用したエッチング装置（LAM 4500 Rainbow）は、シリコン酸化物基板を比較的浅く（200ナノメートル）エッチングするため、APEX-Eの厚さが300ナノメートルでもシリコン酸化物とAPEX-Eのエッチング選択性を十分に有していた。

【0042】図10（a）に示すシミュレーション結果によれば、500ナノメートル厚のAPEX-E及び610ナノメートル厚のAPEX-Eのそれぞれの E_0 の値を示す減衰振動曲線は、シリコン酸化物の厚さが785ナノメートル辺りで相互に重なり合うことが分かる。減衰振動曲線

の挙動の差異は、特定のシリコン酸化物の膜厚のために実験的に観測された焦点深度の傾向と矛盾することを表している。しかしながら、300ナノメートル厚のAPEX-Eと、610ナノメートル厚のAPEX-Eと、850ナノメートル厚のAPEX-Eとを比較すると、最適な照射状態の下での焦点深度は、図13に示すように、レジスト厚が減少するに連れて増大することが分かるが、610ナノメートル厚のAPEX-Eの焦点深度は、図13から明らかなように、500ナノメートル厚のAPEX-Eの焦点深度よりも高い。300ナノメートル厚のAPEX-Eのドーズウィンドウが比較的低いのは、薄膜干渉効果の影響をかなり受けているためであると考えられる。

【0043】（実施例3）図14（a）～図14（d）は、図13（実施例2）に示す条件の下で、シリコン酸化物基板の厚さが785ナノメートル、有機反射防止膜の膜厚が90ナノメートル、APEX-Eの厚さが610ナノメートルの場合におけるエッチング後の断面のSEM測定の結果（図14（a）（b））と、シリコン酸化物基板の厚さが785ナノメートル、有機反射防止膜の厚さが90ナノメートル、APEX-Eの厚さが850ナノメートルの場合（図14（c）（d））におけるエッチング後の断面のSEM測定の結果を比較して示している。850ナノメートル厚のAPEX-Eのエッチング後における酸化物の底部はより削られている。これは610ナノメートルの膜厚のAPEX-Eが使用された場合、アスペクト比が減少するためであると判断される。

【0044】（実施例4）レジスト厚を薄くすることにより生じるリソグラフィー処理の際の光学的近接効果とエッチング処理の際のマイクロローディング効果とを、

(1) タングステン・ポリサイド・ゲート電極基板、45ナノメートルの膜厚の有機反射防止膜、850ナノメートルの膜厚のAPEX-Eから成る積層構造物とMicrascan IIとを用いた場合、及び(2) タングステン・ポリサイド・ゲート電極基板、90ナノメートルの膜厚の有機反射防止膜、610ナノメートルの膜厚のAPEX-Eから成る積層構造物とMicrascan IIとを用いた場合のそれぞれについて、図15（a）～図15（g）に示す異なるゲート電極パターン構造毎に調べた。図16はレジスト厚を薄くした場合のリソグラフィー処理における光学的近接効果の変化を示す。図16に示す相対的デルタCD値（即ち、ターゲットからのパターン寸法値の相対的なずれ）は、リソグラフィー後のトップダウンSEM測定に基づいている。図17はレジストの膜厚を薄くした場合のエッチング処理におけるマイクロローディング効果の変化を示す。図17に示す相対的デルタCD値は、反射防止膜と窒化シリコンのエッチング装置（AME P5000）とタングステン・ポリサイド・ゲート電極のエッチング装置（UNITY 84 DRM）とでタングステン・ポリサイド・ゲート電極パターンを形成した後に線幅を電氣的に測定した結果である。図16及び図17に示す実験結果は、相対

的デルタCD値が、ゲート電極パターンの構造に拘らず、90ナノメートルの膜厚の有機反射防止膜上に形成した610ナノメートルの膜厚のAPEX-Eの方が45ナノメートルの膜厚の反射防止膜上に形成した850ナノメートルの膜厚のAPEX-Eよりも小さいことを示している。したがって、レジスト厚を薄くすることにより、リソグラフィ処理の際の光学的近接効果だけでなく、エッチング処理の際のマイクロローディング効果も改善されることが分かる。

【0045】(実施例5) 従来の単一層レジストの最大分解能の例として、薄膜レジストと $NA=0.6$ 及び $\sigma=0.6$ の高NA露出装置NSR-S201Aとの組み合わせにより、175ナノメートルに等しい線幅と線間隔の解像が可能である(350ナノメートル・ピッチ)。1ギガビットDRAMレベルの設計ルールは、図18(a)及び図18(b)に示したように、ベアシリコン基板を覆う99ナノメートルの膜厚の有機反射防止膜上に形成した610ナノメートルの膜厚のAPEX-E、又は610ナノメートルの膜厚のUVIHSにより解決される($k_1=0.42$)。1ギガビットDRAMレベルの設計ルールは、現在のところ175ナノメートルと言われているが、製造段階では150ナノメートルと思われる。回路設計に依拠して、ピッチは設計ルールの約二倍になる。ところが、ベアシリコンを99ナノメートルの膜厚の有機反射防止膜で覆い、この上に850ナノメートルの膜厚のAPEX-Eと、850ナノメートルの膜厚のUVIHSをレジストとして形成した場合には、1ギガビットDRAMの設計ルールを解像できない。高NAの単一帯照明装置では、図12(a)から明らかなように、正弦曲線に従ってレジストの膜厚を好ましい値に調節することが重要になる。特に、ピーク点ではレジストの薄膜干渉効果が少ないため、正弦曲線のピーク点に相当するレジストの膜厚が望ましい。薄膜干渉効果が少なければ、焦点深度(DOF)、分解能、及びドーズ許容度等のプロセス・ウィンドウが改善される。

【0046】(実施例6) レジストに直径300ナノメートルのコンタクトホール(エッチング後の直径は330ナノメートル)を形成した場合のプロセス・ウィンドウを図19に示す。この図19は、700ナノメートルの膜厚のシリコン酸化物を90ナノメートルの膜厚の有機反射防止膜で覆い、この上に610ナノメートルの膜厚のAPEX-Eを形成した場合と、850ナノメートルの膜厚のAPEX-Eを形成した場合との比較を示している。ウェハの露出にはMicrascan IIを使用し、反射防止膜のエッチングにはAME P5000を、シリコン酸化物のエッチングにはUNITY 85 DRMをそれぞれ使用した。リソグラフィ後及びエッチング後のいずれにおいてもSEMで断面を測定してコンタクトホールのパターン寸法値(CD値)を調べた。この実験結果は薄膜レジストプロセスが、コンタクトホールのプロセス・ウィンドウを改善できるこ

とを示している。コンタクトホールのエッチング後の直径を330ナノメートルにするためのエッチング前の直径のCD値が300ナノメートルである場合、610ナノメートルの膜厚のAPEX-E及び850ナノメートルの膜厚のAPEX-Eのいずれでもプロセス・ウィンドウが拡大する。エッチング前後の610ナノメートルの膜厚のAPEX-Eの焦点深度の差がエッチング前後の850ナノメートルの膜厚のAPEX-Eの焦点深度の差よりも小さいのは、エッチング状態(例えば、過剰エッチング時間)が同じであったためと思われる。

【0047】(実施例7) 図20及び図21は、コンタクト抵抗及びコンタクトチェーン抵抗の電気テストの結果を示している。コンタクトホールパターンは、550ナノメートルの膜厚のシリコン酸化物を90ナノメートルの膜厚の反射防止膜で覆い、この上に500ナノメートルの膜厚のAPEX-E、610ナノメートルの膜厚のAPEX-E、又は850ナノメートルの膜厚のAPEX-Eに形成した。直径300ナノメートルのコンタクトホールは、Micrascan II、LAM 4500 Rainbow、化学的機械研磨(CMP)プロセス、ライナーとしてTi/TiN、及び充填材としてタングステンをそれぞれ使用して形成されている。薄膜レジストプロセスは、コンタクト抵抗及びコンタクトチェーン抵抗を共に安定化することが判明した。但し、500ナノメートルの膜厚のAPEX-Eのコンタクト抵抗及びコンタクトチェーン抵抗は、610ナノメートルの膜厚のAPEX-Eのコンタクト抵抗及びコンタクトチェーン抵抗よりも僅かに安定していない。この原因は、図22(a)～図22(f)に示すように、エッチング後のレジストの厚さが不十分であったためと思われる。

【0048】(実施例8) 図23を参照して、酸化物と炭素の複合反射防止膜を用いたパターン転写処理について説明する。図23(a)に示すように、 $NA=0.5$ 、 $\sigma=0.6$ のMicrascan IIを使用して500ナノメートルの膜厚のシリコン酸化物基板上に、ほぼ50ナノメートルの膜厚のCVDシリコン酸化物と、スパッタリングされたほぼ100ナノメートルの膜厚の炭素層とで構成した反射防止膜を形成し、この膜の上に610ナノメートルの膜厚のAPEX-Eレジストを形成し、200ナノメートルの線幅及び線相互間隔(すなわち、400ナノメートルのピッチ)のパターンを解像する。さらに、AME P5000とUNITY 85 DRMとを組み合わせでエッチングをすることにより、200ナノメートル幅の複数本の線及びこれらの線の相互間隔を200ナノメートルに維持したパターンを500ナノメートル厚のシリコン酸化物基板上に確実に転写できた(図23(b))。スパッタリングにより形成した炭素層は、正確に厚さを制御しなくても、有効反射防止特性の最小厚以上に設定することにより、優れた反射防止特性を示した。炭素層は図23

(c)に示すように、基板(シリコン酸化物)に対して優れたエッチング選択性を示した。610ナノメートル

の膜厚のAPEX-Eレジストと、500ナノメートルの膜厚のシリコン酸化物基板を覆う100ナノメートルの膜厚の炭素層との間の50ナノメートルの膜厚のシリコン酸化物層により、APEX-Eパターンの炭素膜からの汚染を防止できる。シリコン酸化物と炭素膜とから成る複合反射防止膜の使用により分解能は実用的な限界($K_1 = 0.4$)に達すると思われるが、中間層の光学的特性の更なる最適化によりプロセス・ウィンドウをさらに増大できる。

【0049】尚、この発明は、上記実施例に限定されるものではなく、複合反射防止膜上に形成されるレジストの膜厚は、例えば約300乃至500ナノメートルの範囲、又は、複合反射防止膜の膜厚の約3倍乃至6倍の範囲としてもよい。

【0050】その他、この発明の要旨を変えない範囲において種々変形可能なことは勿論である。

【0051】

【発明の効果】以上、詳述したようにこの発明によれば、薄いレジストを用いているため、リソグラフィー処理では分解能及び焦点深度が共に改善され、エッチング処理ではエッチングにより形成されるパターンの形状及びエッチングのマイクロローディング効果が共に改善される他に、光学的近接効果が減少する。さらに、レジスト層の膜厚が薄いため、開口数の大きい露出装置を使用することができるようになる。しかも、薄膜レジストを使用することにより、コンタクトホールのプロセスウィンドウも改善できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1(a)～図1(c)は、この発明の一実施例におけるパターンの転写工程を示す図。

【図2】図2(a)～図2(c)は、図1(c)に続くこの発明の一実施例におけるパターンの転写工程を示す図。

【図3】図3(a)、図3(b)は、酸化物層と炭素層とから成る図1(a)の複合反射防止膜の形成過程に関する詳細を示す図。

【図4】図4は、酸化物層と炭素層とから成る図1(a)の複合反射防止膜の形成過程に関する詳細を示す図。

【図5】図5は、248ナノメートルの単一帯域光における様々な材料の屈折率を説明するために示す図。

【図6】図6(a)は反射防止膜のない構造の基板を示す図であり、図6(b)は図6(a)の基板の反射率のシミュレーションを示す図。

【図7】図7(a)は有機反射防止膜のある構造の基板を示す図であり、図7(b)は図7(a)の基板の反射率のシミュレーションを示す図。

【図8】図8(a)は酸化物層と α -炭素層とから成る複合反射防止膜を有する構造の基板を示す図であり、図8(b)は図8(a)の基板の反射率のシミュレーション

ンを示す図。

【図9】図9は焦点深度とレジスト厚との関係を示す図。

【図10】図10(a)はMicrascan IIの照射量対APEX-Eレジストの除去量(E_0)をシリコン酸化物基板の厚さと90ナノメートル厚の有機反射防止膜で被覆したレジストの厚さとの関数としてモニターしたシミュレーションの結果を示す図であり、図10(b)は図10(a)のシミュレーションに用いた基板を示す図。

【図11】図11(a)はMicrascan IIの照射量対APEX-Eレジストの除去量(E_0)をシリコン酸化物基板の厚さと、シリコン酸化物の層(50ナノメートル)及び炭素の層(100ナノメートル)から成る複合反射防止膜で被覆したレジストの厚さとの関数としてモニターしたシミュレーションの結果を示す図であり、図11(b)は図11(a)のシミュレーションに用いた基板を示す図。

【図12】図12(a)はNSR-S201Aの照射量対APEX-Eレジストの除去量(E_0)をシリコン酸化物基板の厚さと99ナノメートルの有機反射防止膜で被覆したレジストの厚さとの関数としてモニターしたシミュレーションの結果を示す図であり、図12(b)は図12(a)のシミュレーションに用いた基板を示す図。

【図13】図13は785ナノメートル厚のシリコン酸化物基板、90ナノメートル厚の有機反射防止膜、850～300ナノメートルのいずれかの厚さのAPEX-Eレジストから成る各構造物に対して、Micrascan IIの露出により線幅/線と線との間隔=250/300ナノメートルのパターン(550ナノメートルのピッチ)を形成し、電氣的に線幅を測定した結果を示す図。

【図14】図14(a)、図14(b)は、610ナノメートル厚のAPEX-E、図14(c)、図14(d)は、850ナノメートル厚のAPEX-Eを用いて、線幅/線相互間隔=250/300ナノメートルのパターン(550ナノメートルのピッチ)のエッチングをした場合に得られるそれぞれの断面を示すSEMによる写真。

【図15】図15(a)乃至図15(g)は、リソグラフィー処理の際の光学的近接効果及びエッチング処理の際のマイクロローディング効果の評価に用いた異なるゲート電極パターン構造の断面の概略図。

【図16】図16は、タングステン・ポリサイド・ゲート電極、45ナノメートル厚の有機反射防止膜、610ナノメートル厚のAPEX-Eから成る構造と、タングステン・ポリサイド・ゲート電極、45ナノメートル厚の有機反射防止膜、850ナノメートル厚のAPEX-Eから成る構造の各々について、レジスト厚を薄くすることによりリソグラフィー処理で生じる光学的近接効果をリソグラフィー後のトップダウンSEM測定により示す図である。

【図17】図17は、タングステン・ポリサイド・ゲート電極、45ナノメートル厚の有機反射防止膜、610

ナノメートル厚のAPEX-Eから成る構造と、タングステン・ポリサイド・ゲート電極、45ナノメートル厚の有機反射防止膜、850ナノメートル厚のAPEX-Eから成る構造の各々について、レジスト厚を薄くすることによりエッチング処理で生じるマイクロローディング効果の変化を示す図。

【図18】図18は、シリコン酸化物基板、99ナノメートル厚の有機反射防止膜、610ナノメートル厚のAPEX-Eから成る構造と、シリコン酸化物基板、99ナノメートル厚の有機反射防止膜、610ナノメートル厚のUV

11HSから成る構造の各々について、NSR-S201Aを用いて形成した175ナノメートル幅の線と175ナノメートル幅の線相互間隔(350ナノメートルのピッチ)に関するSEMによる断面を示す写真。

【図19】図19は、700ナノメートルの膜厚のシリコン酸化物、90ナノメートルの膜厚の有機反射防止膜、610ナノメートルの膜厚のAPEX-Eから成る構造と、700ナノメートルの膜厚のシリコン酸化物、90ナノメートルの膜厚の有機反射防止膜、850ナノメートルの膜厚のAPEX-Eから成る構造の各々について、リソ

【図20】図20は、550ナノメートルの膜厚のシリコン酸化物基板と、90ナノメートルの膜厚の有機反射防止膜とから成る構造物に、500ナノメートルの膜厚のAPEX-E、610ナノメートルの膜厚のAPEX-E、850ナノメートルの膜厚のAPEX-Eのいずれかを組み合わせた場合における300ナノメートルのコンタクト抵抗に関する電氣的な試験結果を示す図。

【図21】図21は、550ナノメートルの膜厚のシリコン酸化物基板と、90ナノメートルの膜厚の有機反射

防止膜とから成る構造物に、500ナノメートルの膜厚のAPEX-E、610ナノメートルの膜厚のAPEX-E、850ナノメートルの膜厚のAPEX-Eのいずれかを組み合わせた場合における300ナノメートルのコンタクトチェーン抵抗に関する電氣的な試験結果を示す図。

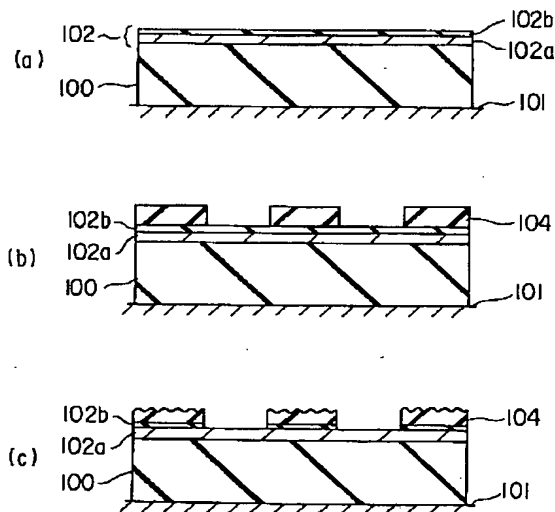
【図22】550ナノメートルの膜厚のシリコン酸化物基板と、90ナノメートルの膜厚の有機反射防止膜とから成る構造物に、図22(a)、図22(b)は、500ナノメートルの膜厚のAPEX-E、図22(c)、図22(b)は、610ナノメートルの膜厚のAPEX-E、図22(e)、図22(f)は、850ナノメートルの膜厚のAPEX-Eのいずれかを組み合わせた各々の構造において、レジストに直径300ナノメートルのコンタクトホールを形成し各コンタクトホールをSEMで測定して得られた断面を示す写真。

【図23】500ナノメートル厚のシリコン酸化物基板、シリコン酸化物層と炭素層とから成る複合反射防止膜、610ナノメートル厚のAPEX-Eから成る構造物に200ナノメートル幅の線を200ナノメートルの間隔(400ナノメートルのピッチ)で複数本形成した場合について、図23(a)はMicrascan IIによる露出後、図23(b)はシリコン酸化物と炭素との複合反射防止膜のエッチング後、図23(c)はシリコン酸化物基板をエッチングしたパターン転写後の各時点においてSEMで測定して得られた断面を示す写真。

【符号の説明】

- 100…基板、
- 102…複合反射防止膜、
- 102a…シリコン酸化膜、
- 102b…炭素膜、
- 104…レジスト。

【図1】

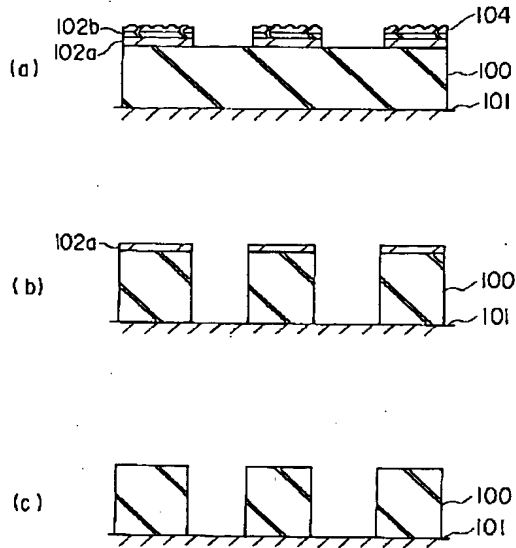


【図5】

248nm単一帯域光での屈折率

| | n | k |
|------------------|-------|---------|
| APEX-E | 1.757 | -0.009i |
| 有機ARC | 1.948 | -0.263i |
| Si | 1.570 | -3.565i |
| α -炭素 | 1.760 | -0.500i |
| SiO ₂ | 1.508 | 0 |

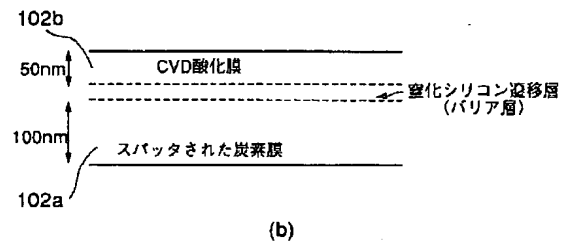
【図 2】



【図 3】

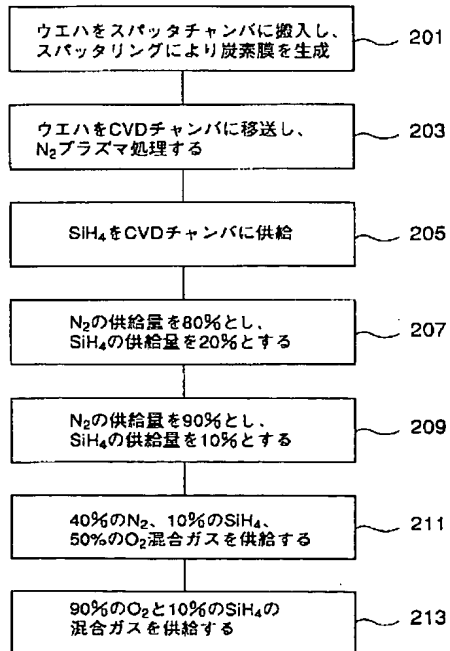
| スパッタリング | →CVD | | | | |
|-------------------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------------------|
| Csputtering 201 | SiC 205 | SiCN 207 | SiN 209 | SiON 211 | SiO ₂ 213 |
| N ₂ の量 (%) | 0 | 80 | 90 | 40 | 0 |
| SiH ₄ の量 (%) | 100 | 20 | 10 | 10 | 10 |
| O ₂ の量 (%) | 0 | 0 | 0 | 50 | 90 |

(a)

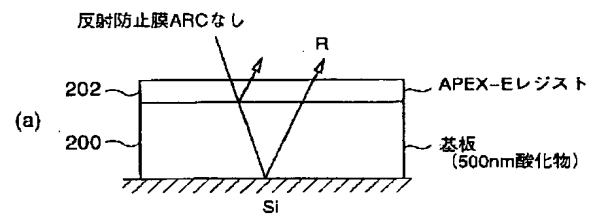


(b)

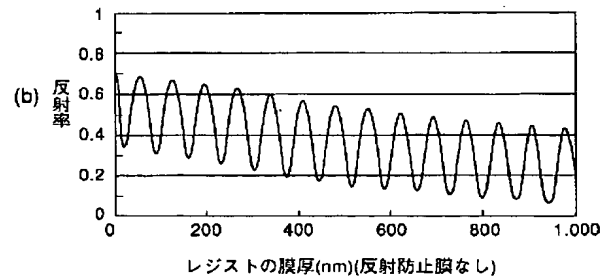
【図 4】



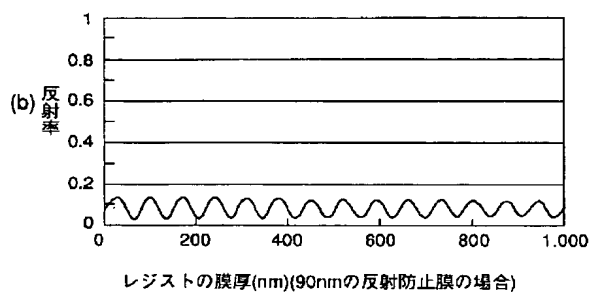
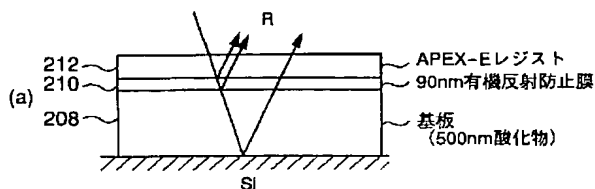
【図 6】



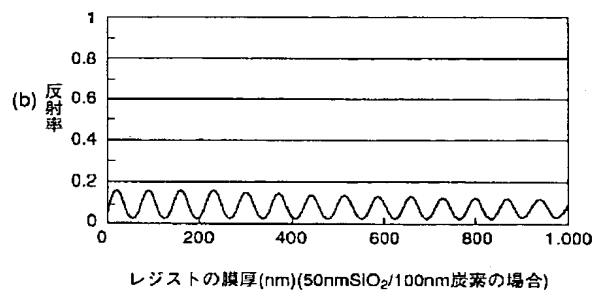
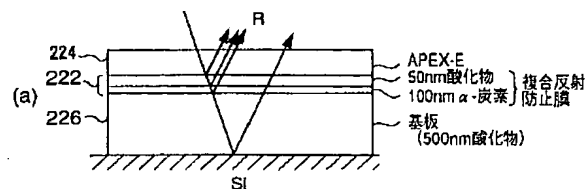
(a)



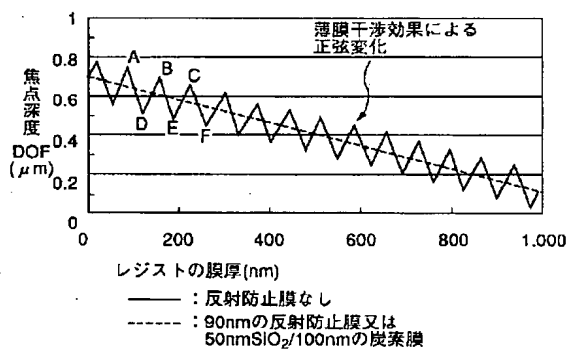
【図7】



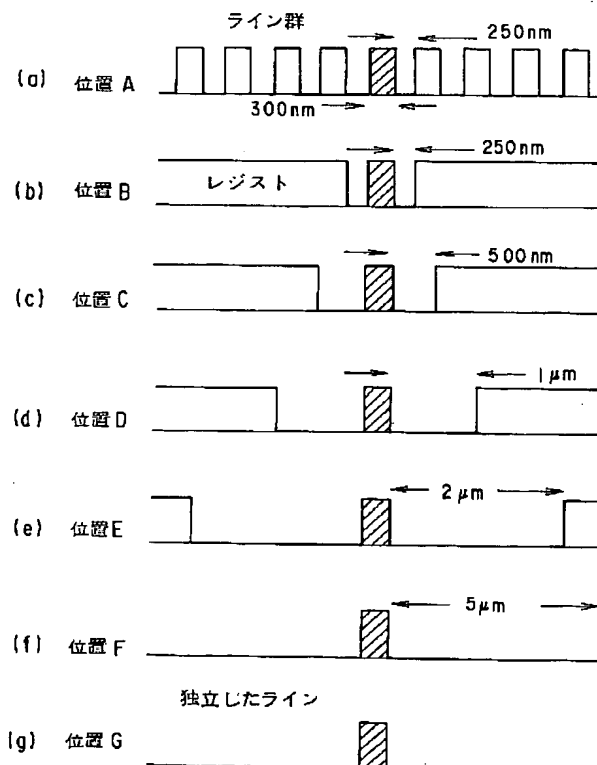
【図8】



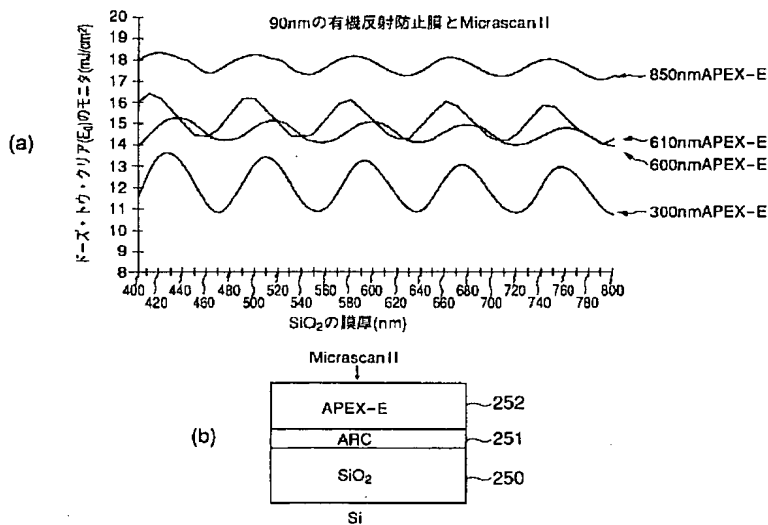
【図9】



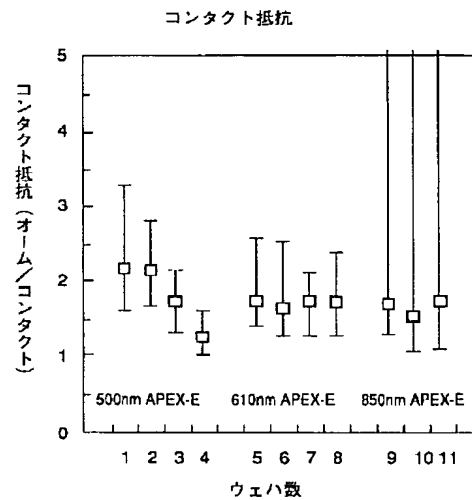
【図15】



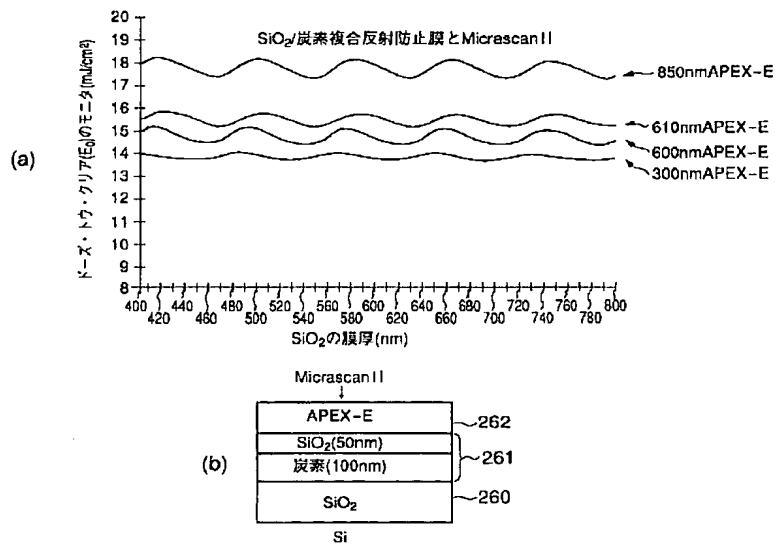
【図10】



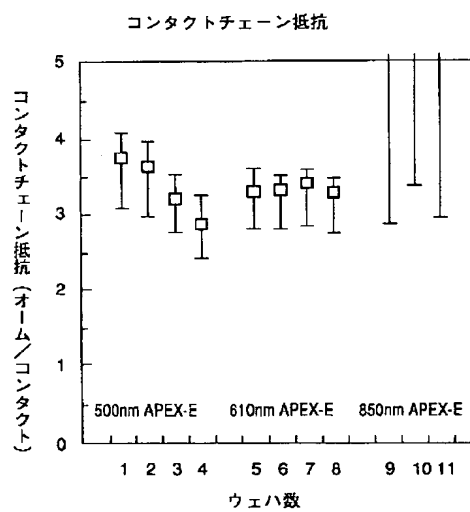
【図20】



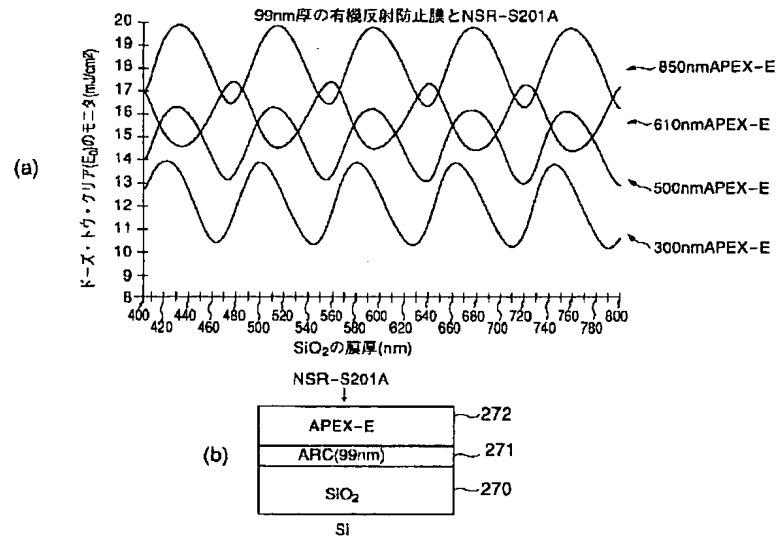
【図11】



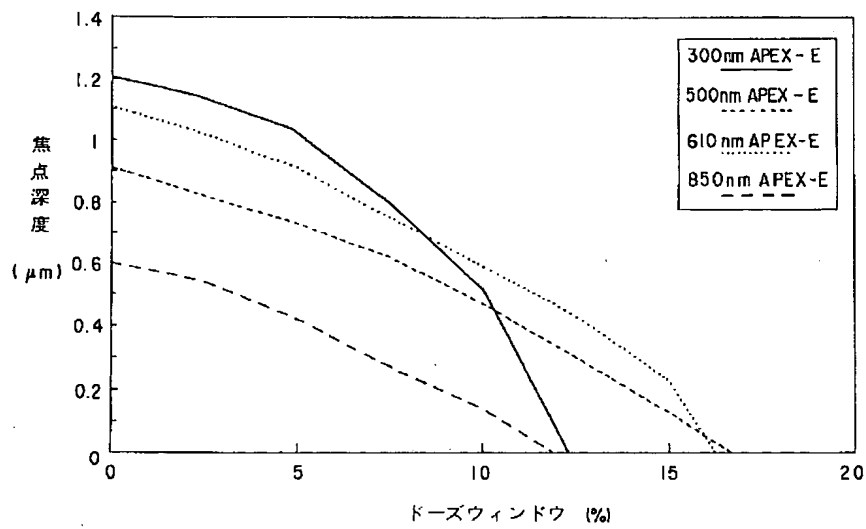
【図21】



【図12】



【図13】

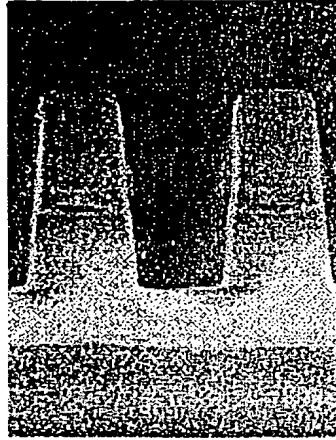


【図14】

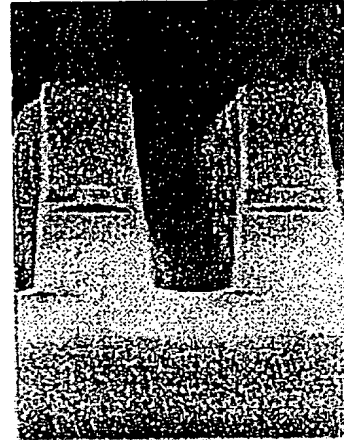
ウェハ中央部

ウェハ周辺部

610nmAPEX-E

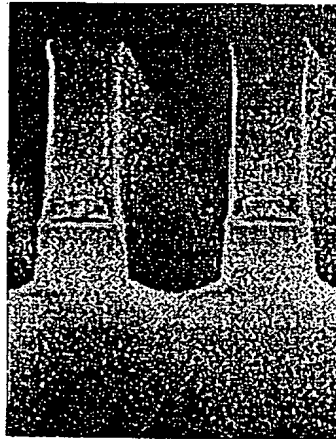


(a)

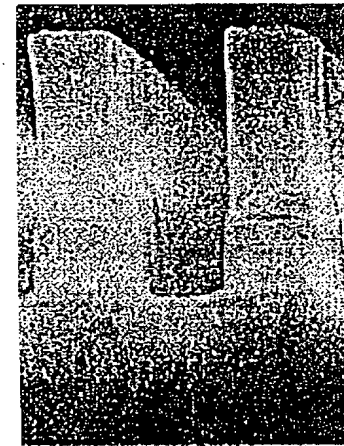


(b)

850nmAPEX-E



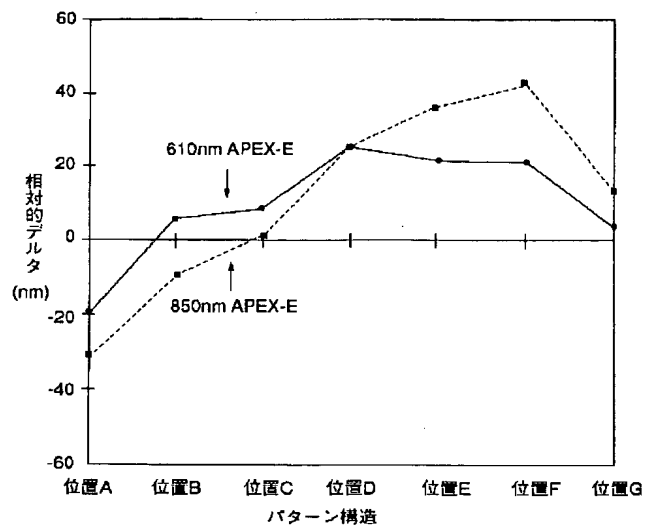
(c)



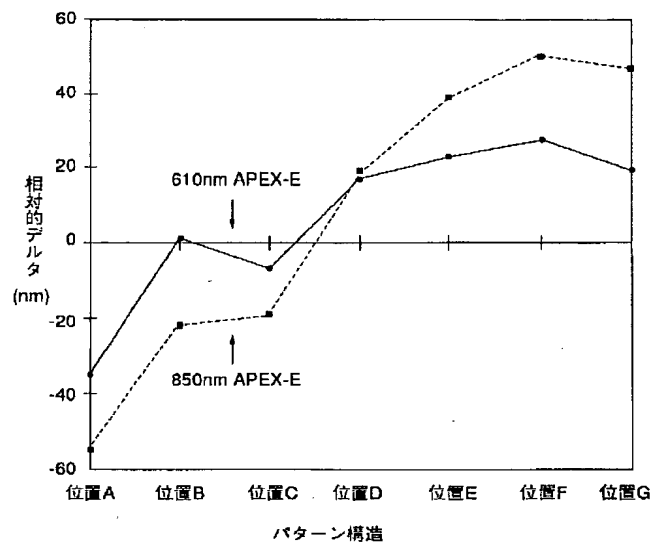
5KV X60.0K 500nm

(d)

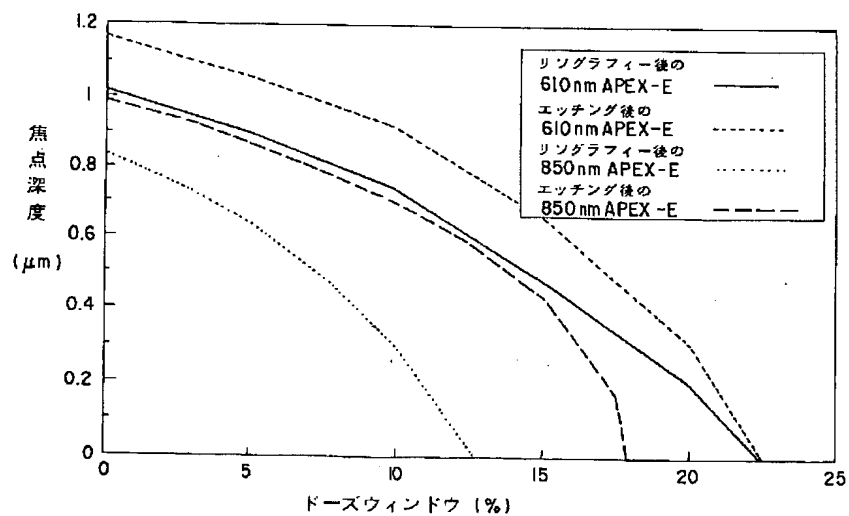
【図16】



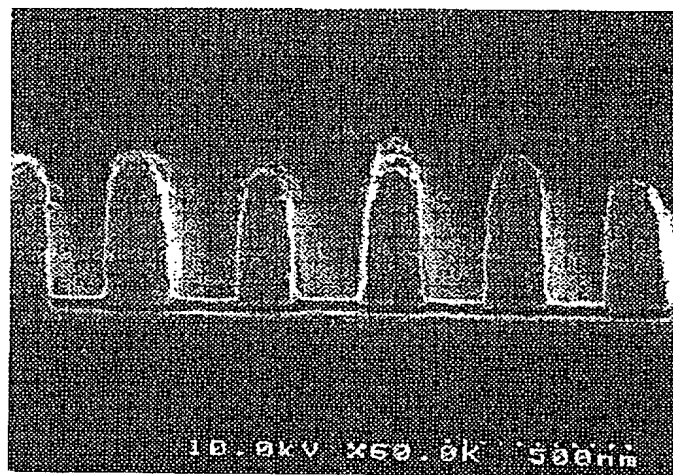
【図17】



【図19】

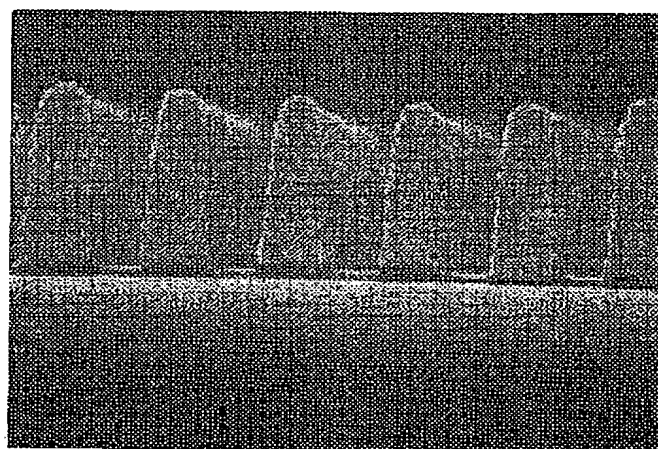


【図18】



610nmAPEX-EとNSR-S201A

(a)



610nmUV11HSとNSR-S201A

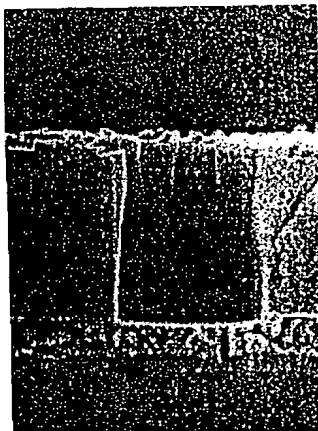
(b)

【図22】

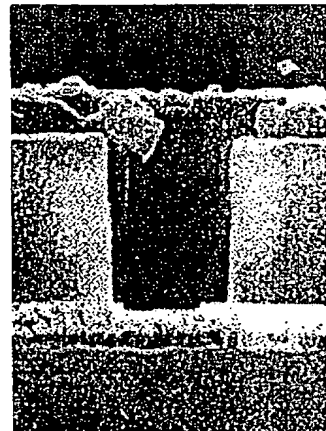
ウェハ中央部

ウェハ周辺部

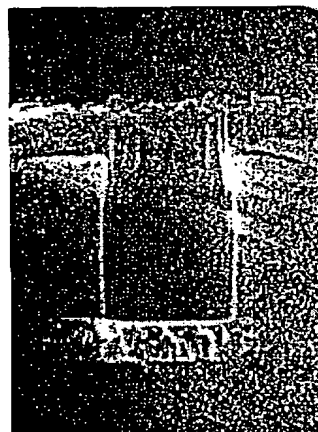
(a)
500nmAPEX-E



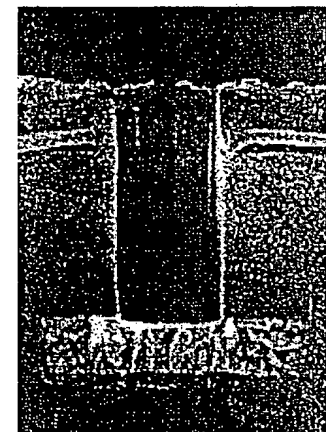
(b)



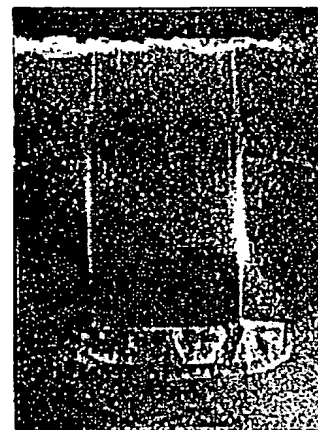
(c)
610nmAPEX-E



(d)



(e)
850nmAPEX-E

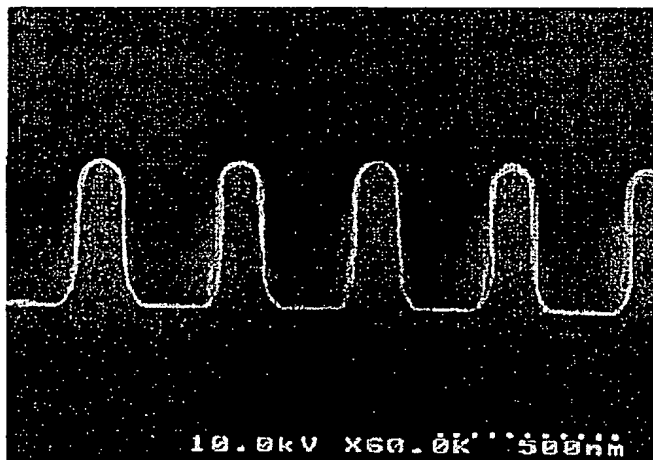


(f)

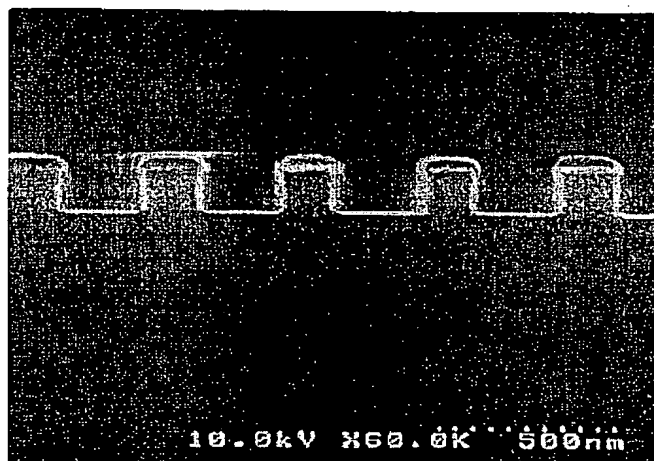


【図23】

(a)
MicrascanII
による露光後



(b)
SiO₂/炭素複合
反射膜のエッチング後



(c)
パターン転写後



フロントページの続き

(72)発明者 東 司
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 大岩 徳久
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 松田 哲朗
神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 デビッド・エム・ドブツィンスキー
アメリカ合衆国、 ニューヨーク州
12533、 ホープウエル・ジャンクション、
シエナンドー・ロード 29

(72) 発明者 奥村 勝弥
神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株
式会社東芝研究開発センター内